TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. JUÁREZ

Informe técnico de residencia profesional

DISEÑO DE PROTOTIPADO Y FABRICACIÓN DE BRAZOS ROBÓTICOS DIDÁCTICOS A PARTIR DE IMPRESIÓN 3D

QUE PRESENTA:

Diego Alberto Delgado Saenz

Idaly Fernandez Esquivel

PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Electromecanico

Ingeniera Mecatronica

Cd. Juarez, Chihuahua

Noviembre 2025

Indice

Introducción	03
Antecedentes	04
Descripción del problema	05
Preguntas de Investigación	06
Hipotesis	07
Objetivos	08
Justificación	09
Delimitación	10
Marco teórico	11
Desarrollo	12

Introducción

La robótica combina mecánica, electrónica y programación, siendo una herramienta clave para el aprendizaje práctico de la ingeniería. Muchas instituciones enfrentan limitaciones para acceder a equipos didácticos por su alto costo y complejidad técnica. Este proyecto propone un brazo robótico didáctico de 5 GDL, impreso en 3D y controlado con Arduino Nano, como una alternativa accesible y educativa.

Antecedentes

- Décadas de 1960–1980: primeros robots industriales (Unimate, PUMA).
- 1990–2000: introducción de la robótica educativa (LEGO Mindstorms, VEX).
- 2010 en adelante: auge de la impresión 3D y Arduino en la enseñanza.
- Actualidad: desarrollo de brazos robóticos didácticos personalizados y de bajo costo.

Descripción del problema

Los brazos robóticos disponibles son costosos y están orientados al uso industrial, lo que limita su aplicación en la enseñanza.

La falta de integración entre hardware y software accesible dificulta el aprendizaje práctico de la robótica.

Se propone un sistema didáctico de bajo costo, impreso en 3D y controlado por Arduino, con una interfaz intuitiva en Visual Studio y LabVIEW para facilitar la programación y el control.

Preguntas de investigación

- Qué características debe tener un brazo robótico didáctico para ser efectivo en entornos educativos de nivel medio superior y superior?
- Cómo influye la elección de materiales, como el PETG, en la funcionalidad y durabilidad de un brazo robótico impreso en 3D para uso educativo?
- Qué ventajas ofrece la integración de microcontroladores como el Arduino Nano en el control de brazos robóticos educativos?
- De qué manera las interfaces gráficas desarrolladas en plataformas como Visual Studio y LabVIEW mejoran la interacción de los estudiantes con sistemas robóticos?
- Qué impacto tiene el diseño modular en la adaptabilidad y escalabilidad de brazos robóticos educativos?

Hipotesis

Un brazo robótico de cinco grados de libertad, construido con PETG mediante impresión 3D y controlado con un Arduino Nano, permitirá ejecutar movimientos precisos y coordinados que simulan procesos industriales, siendo adecuado para su uso didáctico.

Objetivos

Desarrollar un brazo robótico didáctico de 5 grados de libertad, utilizando impresión 3D y servomotores controlados por un microcontrolador, con una interfaz de control desarrollada en Visual Studio y LabVIEW, para facilitar el aprendizaje de conceptos de robótica y automatización en entornos educativos.

- Adecuar el modelo 3D para garantizar su compatibilidad con la impresión 3D y asegurar la resistencia de las piezas.
- Seleccionar y configurar los componentes electrónicos correctos como servomotores y el microcontrolador.
- Desarrollar el control de los motores programando el microcontrolador para movimientos precisos y coordinados.
- Crear la interfaz gráfica en Visual Studio o LabVIEW, asegurando su facilidad de uso.
- Realizar calibración y ajustes para garantizar movimientos precisos y óptimos.

Justificación

Este proyecto busca fortalecer la robótica educativa mediante el desarrollo de un brazo robótico didáctico accesible y funcional. El uso de impresión 3D y microcontroladores permite reducir costos y facilitar la replicación, ofreciendo una alternativa viable para instituciones con recursos limitados. Además, la interfaz gráfica desarrollada en Visual Studio y LabVIEW simplifica el aprendizaje de conceptos clave como la programación y la cinemática, haciendo del sistema una herramienta práctica para la enseñanza y futuros desarrollos en robótica.

Delimitación

El proyecto se enfoca en el diseño y construcción de un brazo robótico didáctico de 5 grados de libertad, utilizando servomotores y motores paso a paso controlados por un microcontrolador. La interfaz de usuario se desarrollará exclusivamente en Visual Studio y LabVIEW. Su aplicación se limita a entornos educativos para la enseñanza de robótica básica, sin fines industriales o de alta precisión.

Hipotesis

Un brazo robótico de cinco grados de libertad, construido con PETG mediante impresión 3D y controlado con un Arduino Nano, permitirá ejecutar movimientos precisos y coordinados que simulan procesos industriales, siendo adecuado para su uso didáctico.

Marco teórico

BRAZO ROBÓTICO

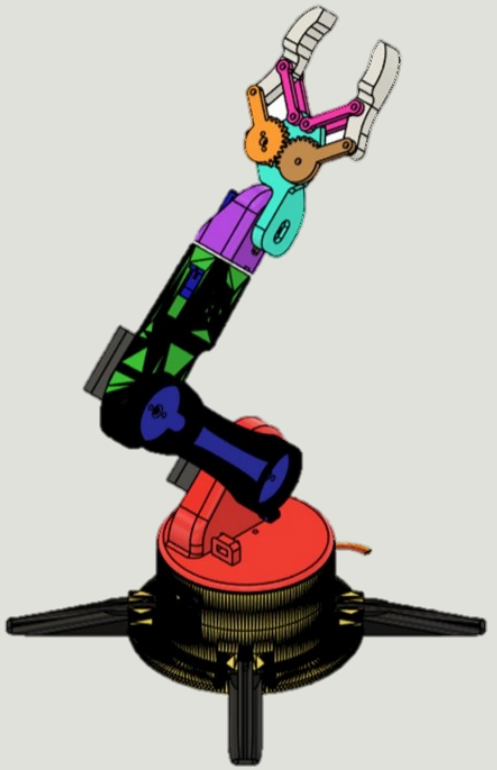
De acuerdo al “Robot Institute of America” (RIA), un robot es “un manipulador reprogramable, multifuncional, diseñado para mover materiales, herramientas y objetos especiales a través de movimientos programados variables para el cumplimiento de una variedad de tareas”.

IMPRESIÓN 3D

De acuerdo con la ASTM (American Society for Testing and Materials, o Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales), es la fabricación de objetos mediante la deposición de un material utilizando un cabezal de impresión, boquilla u otra tecnología de impresión.

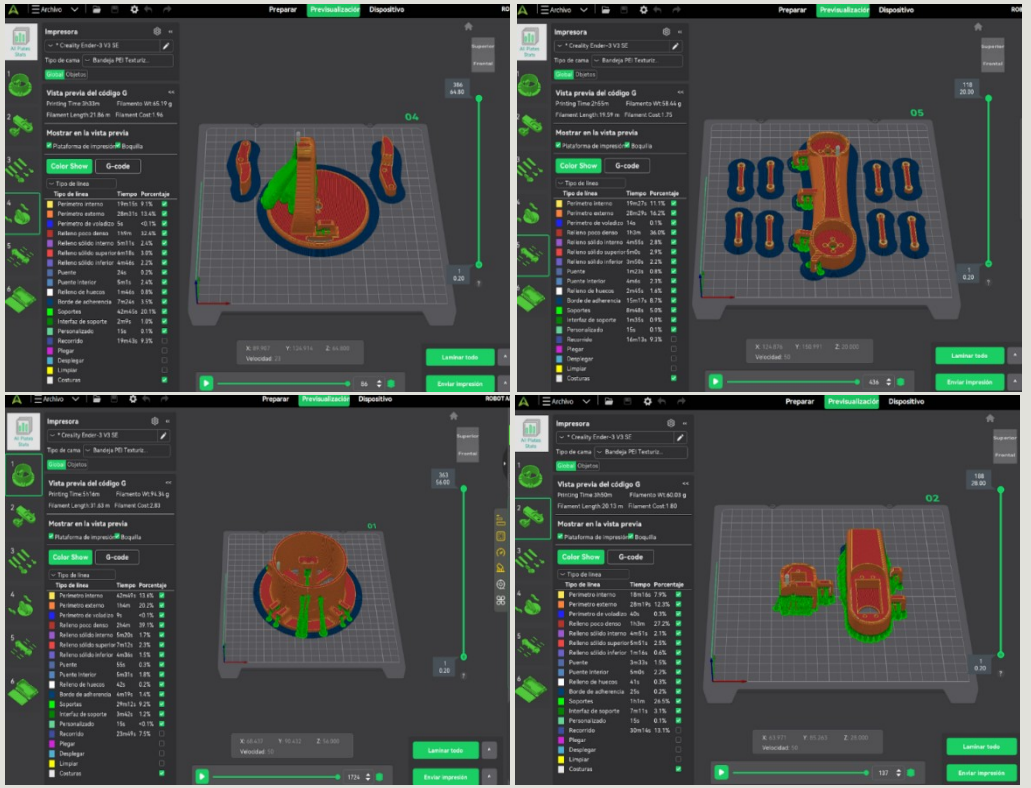
Desarrollo

Como punto de partida, se recibió del asesor académico un archivo en formato stl; correspondiente a un modelo preliminar para el brazo robótico didáctico. El diseño inicial del brazo se conservó en los archivos de clase STL.



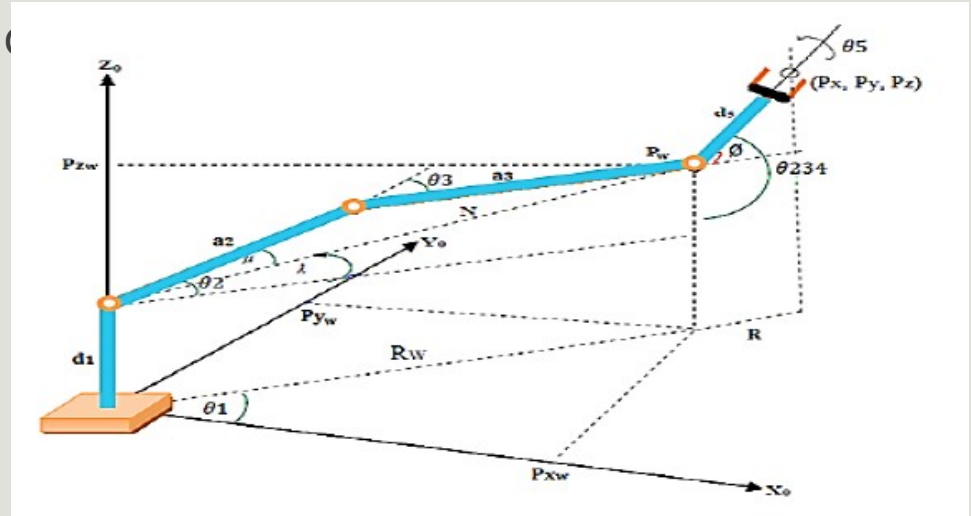
Impresión del modelo 3D inicial

El archivo STL fue abierto con el programa “slicer”: Creality Print, para configurarlo se hace uso de diferentes parámetros para determinar tanto la duración y material usado en la impresión, los parámetros también afectan qué tan resistente es la impresión.



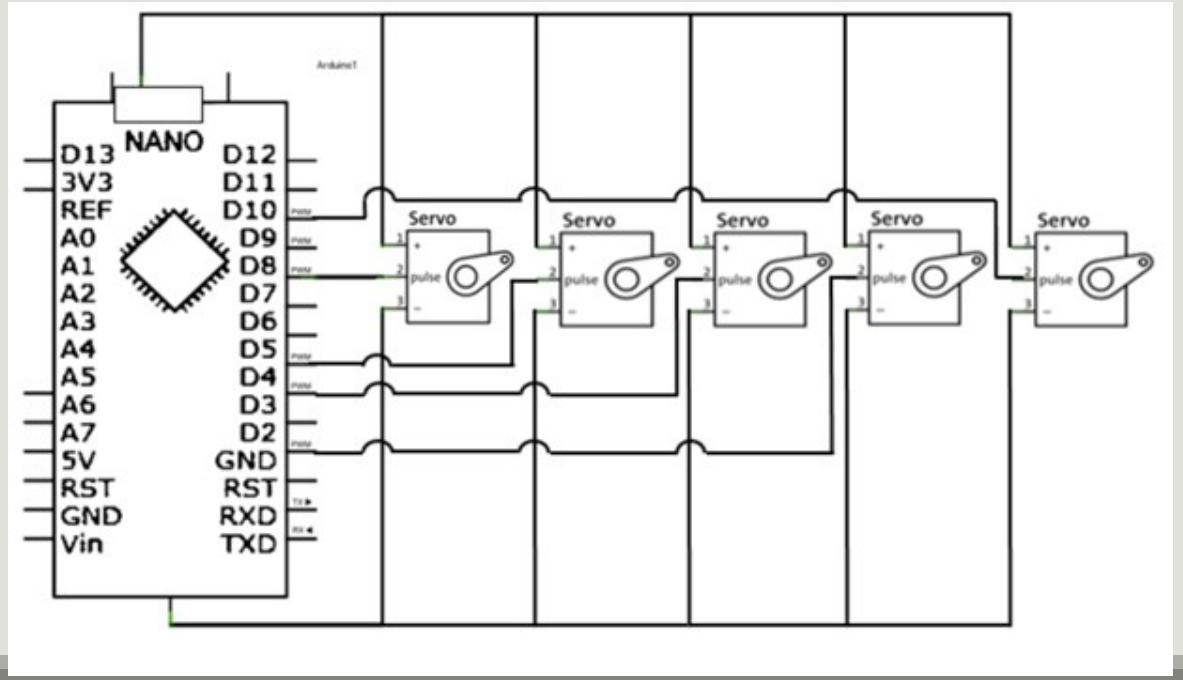
Modelado y análisis teórico

A la par de la impresión del modelo, utilizamos el programa de fusión para analizar la morfología del robot, esto nos permitirá describir la ecuación de movimiento del robot, el comportamiento cinemático y estructural del brazo robótico mediante un análisis teórico que permita prever su desempeño, facilitar el diseño del control y justificar las



Arquitectura del sistema de control electrónico

En esta parte del proyecto se describe la arquitectura electrónica conceptual que define la forma en que los componentes principales del brazo robótico —servomotores, microcontrolador y elementos de interconexión— se relacionan para lograr un control preciso del movimiento.



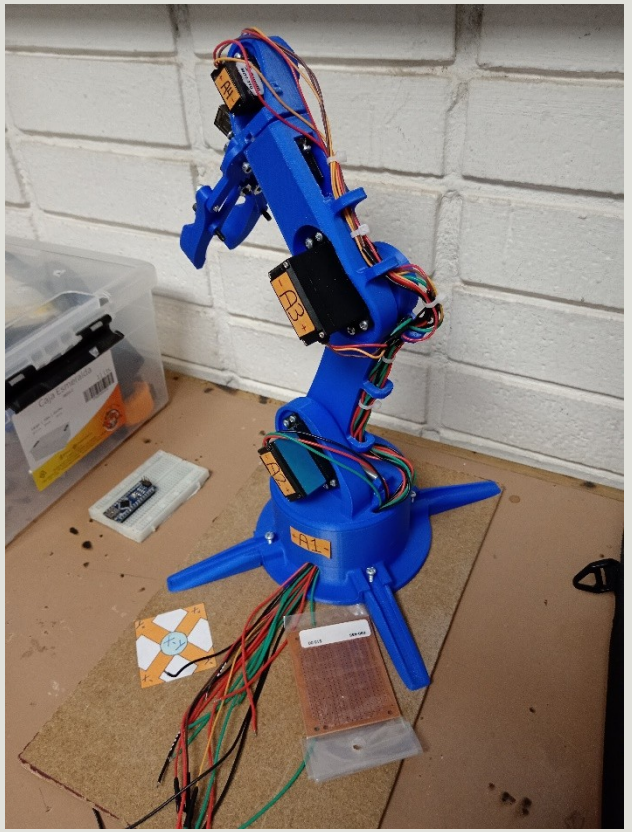
Firmware del control de movimiento

La comunicación entre LabVIEW y Arduino se realiza mediante la instalación del firmware LINX en el Arduino a través del LINX Wizard en LabVIEW, lo que establece una conexión serial. Una vez cargado el firmware, se utiliza el VI (programa) de LabVIEW, que generalmente sigue un patrón de Open, Action y Close, para interactuar con los periféricos del Arduino como pines digitales y analógico

Armado y cableado del prototipo

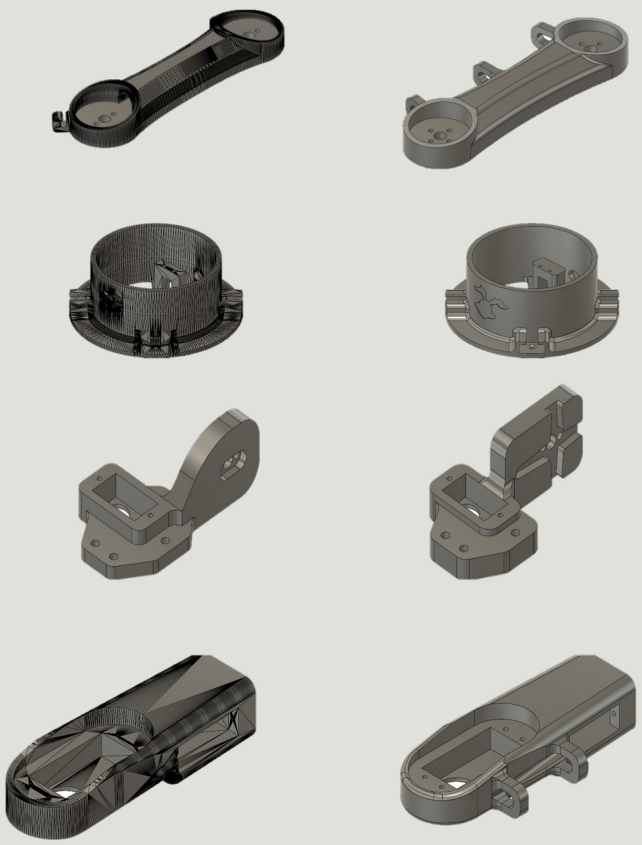
Una vez concluido el proceso de impresión 3D de las piezas del modelo preliminar, se procedió con el armado físico del prototipo del brazo robótico.

Esta etapa consistió en el ensamblaje cuidadoso de cada uno de los eslabones y componentes estructurales, respetando las orientaciones y tolerancias definidas en el diseño CAD.



Rediseño del modelo

Al tener en cuenta el modelo físico, se hicieron varias modificaciones para optimizar el modelo inicial. Se redujo el espacio entre uniones para reducir el juego, se agregaron guias para los cables, se cambio el material a usar (PLA A PETG), y se considero motores con mas fuerza de torque.



Recuento de materiales

Después de haber hecho el rediseño del brazo para su optimización, se hizo un recuento de todos los materiales requeridos para construir un brazo funcional con todas las mejoras hechas en el modelo y de esa forma poder recabar todos los materiales necesarios con el fin de construir el modelo desde cero, incluso para poder replicarlo.

ANEXO 6. LISTA DE MATERIALES (BOM)

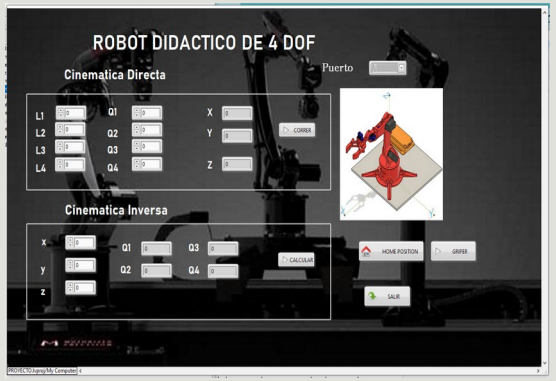
Part name	Part number	Brand	Category	Safety stock	Price	Total
Base fija	Base	ITCJ	Impresion 3D	1	$95,00	$95,00
Base giratoria	Base giratoria	ITCJ	Impresion 3D	1	$40,00	$40,00
Brazo 1	Brazo 1	ITCJ	Impresion 3D	1	$40,00	$40,00
Brazo 2	Brazo 2	ITCJ	Impresion 3D	1	$22,00	$22,00
Brazo 3	Brazo 3	ITCJ	Impresion 3D	1	$55,00	$55,00
Base de gripper	Base de gripper	ITCJ	Impresion 3D	1	$10,00	$10,00
Gripper 1	Gripper 1	ITCJ	Impresion 3D	1	$10,00	$10,00
Gripper 2	Gripper 2	ITCJ	Impresion 3D	1	$10,00	$10,00
Griper link	Griper link	ITCJ	Impresion 3D	8	$2,50	$20,00
Engrane gripper 1	Engrane gripper 1	ITCJ	Impresion 3D	1	$5,00	$5,00
Engrane gripper 2	Engrane gripper 2	ITCJ	Impresion 3D	1	$5,00	$5,00
Pie de base	Pie de base	ITCJ	Impresion 3D	4	$10,00	$40,00
Caja proteccion base	Guarda electronica	ITCJ	Impresion 3D	1	$40,00	$40,00
Caja proteccion tapa	Guarda electronica	ITCJ	Impresion 3D	1	$20,00	$20,00
Filamento	PETG, 1.75 mm, 1 kg	Creality	Impresion 3D	1	$493,00	$493,00
Servo 2.2 kgf	MOT 110	Steren	Electronica	3	$99,00	$297,00
Servo 40 kgf	M995, 994, 996	Beyamis	Electronica	3	$400,00	$1.200,00
Arduino (3 pcs)	Nano	Steren	Electronica	1	$163,00	$163,00
Capacitor electrolitico	100 micro F, a 25 V	Generico	Electronica	1	$1,00	$1,00
Fuente de energia	ELI - 2500	Arkare	Electronica	1	$271,00	$271,00
Tablilla	Perforada	Genérica	Electronica	1	$12,00	$12,00
Soldadura	1 rollo, 17 gramos	Genérica	Electronica	1	$60,00	$60,00
Cables	5 rollos, 10 metros	Genérica	Electronica	1	$260,00	$260,00
MDF bases	9 mm x 1.22 m x 2.40 m	Generico	Hardware	1	$70,00	$70,00
Tornillo M3	Cruz, 1 cm largo	Generico	Tornilleria	24	2,5	$60,00
Tornillo 5-40	1" largo	Generico	Tornilleria	7	$3,00	$21,00

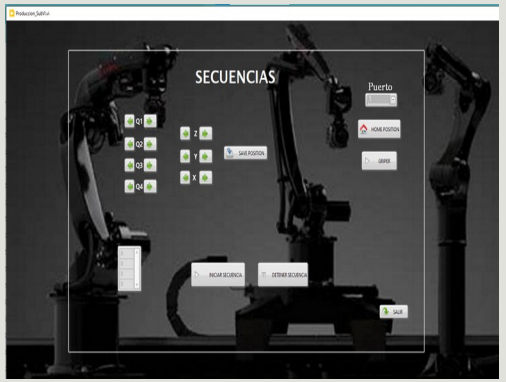
Desarrollo de interfaz gráfica en Lab View

Con el objetivo de ofrecer una alternativa visual para la supervisión y control del brazo robótico, se diseñó una interfaz gráfica utilizando el entorno de desarrollo LabVIEW. Esta plataforma fue seleccionada por crear interfaces intuitivas y su compatibilidad con la comunicación serial de nuestro microcontrolador, lo cual facilita la interacción del sistema.

Validación y pruebas funcionales

Una vez ensamblado el brazo robótico y completada la programación del sistema de control, se llevaron a cabo pruebas funcionales para validar el desempeño general del prototipo. Estas pruebas tuvieron como finalidad confirmar la operatividad del sistema mecánico, electrónico y de software bajo condiciones controladas.





Evaluación del desempeño del brazo robótico

Con el prototipo completamente ensamblado y funcional, se realizó una evaluación sistemática de su desempeño para medir el cumplimiento de los objetivos técnicos y didácticos establecidos al inicio del proyecto.

Conclusiones

El desarrollo del brazo robótico didáctico de cinco grados de libertad cumplió su objetivo al crear un prototipo funcional utilizando impresión 3D y servomotores, con una interfaz gráfica. Este sistema permite a los estudiantes experimentar conceptos de robótica y automatización de manera práctica. Aunque se encontraron limitaciones en componentes económicos y en la comunicación, se sugieren mejoras como la integración de servomotores con retroalimentación y la creación de guías didácticas. En resumen, el proyecto demuestra la viabilidad de un brazo robótico accesible, sentando bases para futuras mejoras en su rendimiento y contribución educativa.